

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO SOLO SOB DOIS SISTEMAS DE MANEJO: PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL

José J. CARVALHO¹, Fabrício C. MASIERO², Kléber P. LANÇAS³, E.C.P. RODRIGUES⁴

RESUMO - A resistência mecânica do solo à penetração pode limitar o crescimento e o desenvolvimento do sistema radicular e diminuir a produtividade das culturas. Os sistemas de manejo do solo apresentam grande influência nas características físicas do solo e estão relacionados com a compactação que é um processo de densificação na qual há um aumento da resistência do solo, reduzindo sua porosidade, permeabilidade bem como a disponibilidade de nutrientes e água. O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros físicos de um solo de textura argilosa em dois sistemas de cultivo, o plantio direto e convencional, após feijão irrigado, em Botucatu-SP. Utilizou-se uma unidade móvel – UMAS, com penetrômetro hidráulico-eletrônico para determinação da resistência mecânica à penetração do solo. As amostras foram coletadas na profundidade de 0 a 0,5 m, para determinar a resistência à penetração. E na profundidade de 0 a 0,4 m verificou-se a densidade do solo. Os resultados da resistência mecânica do solo à penetração foram significativos entre os sistemas de plantios e nas camadas estratificadas a cada 0,1 m respectivamente. A densidade do solo foi significativa entre os sistemas de plantios e nas profundidades 0 a 0,2 e de 0,2 a 0,4 m. Nas áreas após o cultivo do feijão irrigado a resistência do solo à penetração, apresentam valores acima de 2,0 MPa, na profundidade de 0 a 0,3 m.

PALAVRAS-CHAVE: física do solo, compactação, penetrometros.

ABSTRACT - Knowledge the resistance to penetration has been used as an indicator of compaction, and it is related to important attributes of soil and plants, and the rapid determination. The aim of this study was to evaluate the physical parameters of clay soil in both tillage systems, no-till and conventional, after irrigated beans, Botucatu-SP. We used a mobile unit – UMAS, with hydraulic-electronic penetrometer for determining the penetration resistance of soil. The sample were collected in depth from 0 to 0,5 m to determine the penetration resistance. In the depth of 0 to 0,4 m there was soil density. The results of the mechanical resistance to penetration were significant between the systems and planting for depths from 0 to 0,2 and 0 to 0,4 m. In areas after the irrigated beans presented higher resistance to penetration greater than 2,0 MPa at a depth of 0 to 0,3m.

KEYWORDS: soil physics, compacting, penetrometer.

¹ Técno. em Irrigação e Drenagem, Doutorando em Agronomia (Irrigação e Drenagem), Depto. de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu – SP, Fone: (0xx14) 3811.7115, jjc@fca.unesp.br

² Engº Agrônomo, Docente dos cursos de Agronomia e Engenharia Florestal da FAEF/ACEG – Garça – SP e Doutorando em Agronomia (Energia na Agricultura), Depto. de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu – SP.

³ Engº Mecânico, Prof. Titular, Depto. de Engenharia Rural, FCA/UNESP, Botucatu – SP.

⁴ Graduanda do curso de Agronomia da FAEF/ACEG – Garça – SP.

INTRODUÇÃO

A resistência mecânica do solo à penetração (RMPS) podem ser alterada pelo teor de água no solo, densidade solo, e das condições climáticas e dos sistemas de manejo de cultivos a qual a cultura está inserida. Assim a RMPS simula a força que as raízes das plantas podem exercer para o seu desenvolvimento sendo influenciada pela densidade, umidade, textura e estrutura do solo. Por isso é importante o realizar o monitoramento do solo, levando em consideração ao contínuo uso agrícola, pelo uso freqüente de máquinas, e assim correlacionar as técnicas favoráveis e econômicas.

Um dos atributos físicos adotados como indicativo da compactação do solo é a (RMPS), por apresentar relação direta com o crescimento das plantas e por ser mais eficiente na identificação de estados de compactação comparada à densidade do solo (FREDDI *et al.*, 2006) de fácil e rápida determinação (REINERT e REICHERT, 2006), em solo sob semeadura direta e convencional (De Vita *et al.*, 2007; RALISCH *et al.*, 2008).

O valor de resistência à penetração de 2,0 MPa tem sido

freqüentemente utilizado como impeditivo ao desenvolvimento do sistema radicular da maioria das culturas (TAYLOR *et al.*, 1966; TORMENA *et al.*, 1999). Entretanto, há vários estudos mostrando que as plantas tiveram seu desenvolvimento limitado abaixo do valor de 2 MPa. Lima *et al.*, (2010) obteve valor de 1,7 MPa para (RMPS) crítica para a produtividade de grãos de feijão e 1,9 MPa para cultivo da soja. Por outro lado Beutler *et al.* (2006), obteve valores de 2,0 a 3,0 MPa limitantes à produtividade de soja.

A (RMPS) próxima de 2 MPa, quando determinada na umidade de capacidade de campo, promove restrição do crescimento das raízes em culturas semeadas no sistema de preparo convencional (ARSHAD *et al.*, 1996), entretanto, em solos não revolvidos anualmente, são toleráveis valores de até 4 MPa (ROQUE *et al.*, 2003)

A qualidade física do solo e o desenvolvimento de plantas estão relacionados à compactação do solo (Strudley *et al.*, 2008). Dentre estas alterações na estrutura do solo podem ser pronunciada devido à compactação por pressão de máquinas (Lima *et al.*, 2006; Botta *et al.*, 2008) influenciam o

fluxo de gases, de água e de calor, a resistência do solo à penetração, o crescimento radicular e de plântulas e a produtividade das culturas (Botta et al., 2006).

Em condições de solo altamente compactado, o sistema radicular se concentra na superfície do solo (Collares et al., 2006), limitando o acesso à água e nutrientes, e ainda favorece a ocorrência de processos erosivos (REICHERT et al., 2007). Por isso as plantas poderem explorar maior volume de solo, a sua resistência ao crescimento das raízes deve ser baixa.

Por outro lado há grande preocupação com o aumento das áreas agrícolas com a compactação do solo, o que se deve em grande parte às operações mecanizadas realizadas sem considerar a umidade ideal do solo (Vieira et al., 2007).

A compactação do solo pode ser avaliada por vários atributos do solo, dentre os existentes, destacam-se a densidade do solo e a (RMPS). Pois a densidade do solo é considerada o atributo físico mais comum em avaliação de compactação de solos em experimentos sobre plantio direto e preparo convencional de solo (SILVA et al., 2009).

O sistema plantio direto é uma das mais eficientes estratégias para a melhoria da qualidade e do potencial produtivo do solo agrícola (AMADO et al., 2007). Pois a semeadura é realizada em solo coberto por palha e, portanto, com o mínimo de revolvimento da camada superficial do solo, tende a minimizar a formação de camadas compactadas no solo; apesar disso, a utilização continuada do plantio direto pode resultar em aumento da densidade do solo (Secco et al., 2004).

Na semeadura direta não há revolvimento do solo, e a densidade inicialmente tende apresentar um maior estado de compactação do solo, em relação a lavouras que recebem algum tipo de revolvimento de solo denominado de plantio convencional, com o tempo isso podem ser minimizados.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a densidade e a resistência mecânica à penetração de um solo de textura argilosa sob duas condições de cultivo: plantio direto e convencional do feijão irrigado na região de Botucatu-SP.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu - SP (latitude 22° 51' S, longitude 48° 26' W e 786 m de altitude). Segundo CUNHA E MARTINS (2009), o clima da região, conforme a classificação de Köppen, é definido como **Cfa** (clima temperado quente úmido, mesotérmico, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C) e, de acordo com a classificação de Thorntwaite, é caracterizado como **B₂rB'₃a'** (clima úmido com pequena deficiência hídrica em abril, julho e agosto), mesotérmico com evapotranspiração potencial anual de 945,15mm e concentração da evapotranspiração potencial no verão igual a 33%.

Segundo CARVALHO et al., (2009) o solo da área é classificado como Latossolico Vermelho distrófico textura média/Nitossolo Vermelho distrófico textura/média argilosa.

Os tratamentos de manejo do solo foram: semeadura direta; preparo convencional e testemunha. No inverno, toda a área do experimento estava coberta com aveia preta, a qual foi dessecada. O preparo convencional

caracterizou-se por uma aração e duas gradagem. O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2008/2008, semeou-se feijão carioca em todas as parcelas, cultivar BRS-ALVORADA, no dia 29/09/2008, utilizando uma semeadora aduladora, modelo Jumil 2980. O espaçamento entre linhas foi de 0,45 metros, com 14 sementes por metro linear, a adubação de base 214 kg ha⁻¹ da fórmula 8-28-16+0,5% de ZN. A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada aos 25 dias após a emergência das plantas, em torno de 70 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de uréia. Realizaram-se duas aplicações de herbicida no controle de plantas daninhas.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com três tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas subdivididas, sendo cinco faixas de profundidade para a resistência mecânica do solo (0 a 0,1 m; 0,1 a 0,2 m; 0,2 a 0,3 m; 0,3 a 0,4 m; 0,4 a 0,5 m) e de duas faixas de profundidade para densidade do solo (0 a 0,2 m; 0,2 a 0,4 m).

A resistência mecânica do solo foi determinada com o uso de uma unidade móvel de amostragem do solo

(UMAS), tracionada por um trator agrícola com engate na barra de tração e com sistema de acionamento hidráulico

para movimentação dos órgãos de acionamento dos equipamentos instalados na carreta (Figura 1).



Figura 1 - Vista geral da UMAS sendo tracionada por trator agrícola.

A UMAS é uma carreta fechada, do tipo trailer, de um eixo, que pode ser transportada através das rodovias, rebocada por carros e caminhonetes, utilizando o engate universal, para o deslocamento entre a universidade e as propriedades agrícolas e, quando da execução de trabalhos no campo, deve ser tracionada por um trator agrícola com engate na barra de tração e com sistema de acionamento hidráulico para movimentação dos órgãos de acionamento dos equipamentos instalados na carreta.

Na UMAS estão instalados dois equipamentos, sendo um penetrômetro hidráulico-eletrônico utilizado para a determinação da resistência mecânica à penetração do solo ou índice de cone, e

um amostrador hidráulico-mecânico de amostras indeformadas do Solo, confinadas em anéis padrões.

O primeiro equipamento, acionado e movimentado por um pistão e válvulas hidráulicas, está equipado com um sistema eletrônico de aquisição de dados (Micrologger 23X – Campbell Cientific) onde ficam registrados os valores de força, obtidos através de uma célula de carga, quando da penetração no solo do cone normalizado (ASAE S313.2) e os dados correspondentes à sua profundidade de penetração, gerados por um potenciômetro (Figura 2). Com a transferência dos dados armazenados no Micrologger para um computador torna-se possível à geração de gráficos de resistência mecânica à

penetração do solo e de índice de cone e a geração de mapas de isocompactação do solo.

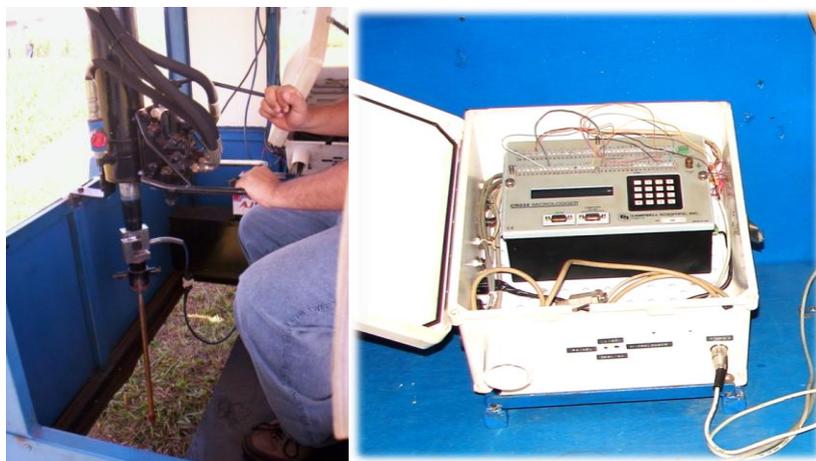


Figura 2 - Coleta dos dados de resistência do solo à penetração e sistema de aquisição dos dados (Micrologger CR23X).

Para avaliar a densidade do solo abriram-se trincheiras para coleta de solo, em função de uma diagonal dentro da área experimental, nas profundidades de 0 a 0,4m, tendo estratificado o perfil do solo na camada de 0 a 0,2 m e de 0,2 a 0,4 m. A área experimental total foi de 1094,4 m².

A densidade do solo foi determinada coletando-se cilindros de 0,0489 m de diâmetro, por 0,0531 m de altura, inseridos verticalmente nas trincheiras, nas profundidades de 0 a 0,2 m e de 0,2 a 0,4 m.

Nas áreas experimentais de controle, de plantio direto e convencional, avaliou-se a resistência mecânica do solo até a profundidade de

0,5 m e, para realização das análises estatísticas, obteve-se a média (Índice de Cone) para as camadas estratificadas a cada 0,1 m.

Nas áreas de plantio direto e convencional, o teor de água do solo na camada de 0 a 0,2 m foi de 16% e na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade foi de 17%.

Nas áreas de plantio direto e convencional, realizou-se o plantio de aveia preta utilizando semeadora adubadora, modelo SHM 15/17 Semeato, no espaçamento de 0,2 m entre linhas e densidade de 30 sementes/m², com o objetivo de formação de palhada e, quando as plantas se encontravam em

florescimento, foi dessecada, utilizando-se herbicida “glifosato” na formulação granulada com doses de 2 kg.ha⁻¹

Na área do experimento, foram abertas seis trincheiras nas profundidades de 0,4 m e foi coletado em cada trincheira uma amostra para as camadas de 0 a 0,2 m, e de 0,2 a 0,4 m e, posteriormente em laboratório obteve-se os valores médios dos teores de areia, argila e silte.

A análise estatisticamente dos dados consistiu na análise de variância e no teste de Tukey a 5% para comparação das médias obtidas nas

camadas estratificadas do solo e processada pelo programa estatística versão 2.0

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1, podem visualizar as proporções granulométrica obtidos a partir de amostras efetuadas na área experimental, e os valores (teores) médios correspondentes para areia, argila e silte, nas profundidade de 0 a 0,4 m as quais foram estratificada para as camadas de 0 a 0,2 m e de 0,2 a 0,4 m.

TABELA 1. Caracterização física do solo na área experimental, utilizando análise sem fracionamento, nas camadas de 0,0 – 0,2 m e de 0,2 – 0,4 m.

Profundidade (cm)	Caracterização (g/Kg)		
Amostra	Areia	Argila	silte
0,0 - 20	385,65	465,17	149,17
20 - 40	358,50	493,67	147,83

Quanto à densidade do solo, os resultados apresentados foram significativos tanto entre os sistemas de plantios, quanto para as camadas estratificadas de 0 a 0,2 m e de 0,2 a 0,4 m de profundidade. Porém entre os sistemas de plantios para a profundidade de 0,2 a 0,4 m os valores de densidade do solo não foram significativos para o manejo semeadura direta e plantio convencional.

Devido ao preparo do solo no sistema plantio convencional, acredita-se que este interferiu no arranjo das partículas do solo, ocasionando na menor densidade do solo em relação ao sistema semeadura direta na primeira camada (respectivamente, 1,25 e 1,6033 mg dm⁻³), Já na segunda camada do solo a densidade foi maior em ambas os sistemas de plantio. Estes resultados corroboram com os valores relatados

por Silva et al. (2009) em estudo de análise espacial da densidade, umidade e resistência mecânica do solo à penetração sob sistemas de cultivo, pois autores verificaram diferença significativa entre duas profundidades avaliadas, para a camada de 0 a 0,20 m com o preparo do solo a densidade do solo diminuiu, porém na camada de 0,2

a 0,4 m não alterou a densidade do solo. No entanto, os valores de densidade obtidos neste experimento permaneceram abaixo de $1,74 \text{ Mg m}^{-3}$, valor crítico ao crescimento de plantas para solos com teor de argila de aproximadamente 20% (REICHERT et al., 2009b).

TABELA 2. Densidade do solo nos sistema de manejo, e as profundidades avaliadas de 0 a 0,2 m e de 0,2 a 0,4 m.

Sistema de manejo Densidade do kg.dm^{-3}	Profundidade (m)	
	0,0 – 0,2	0,2 – 0,4
Controle	1,4533 Ba	1,4667 Aa
Plantio Direto	1,6033 Aa	1,5567 Aa
Plantio Convencional	1,2500 Ca	1,4733 Ab

CV = 5,14%

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5%

A RPMS não apresentou diferenças significativas entre os sistemas de semeadura direta e plantio convencional. Porém foi significativo para cada sistema de manejo do solo, nas profundidades avaliadas (0,1 a 0,2; 0,2 a 0,3; 0,3 a 0,4m), respectivamente. Os valores médios de RMPS obtidos foram de 3,0440; 4,0160; 2,4340; 1,7200; 1,6480 MPa, na semeadura direta para as profundidade descritas acima respectivamente. Enquanto no plantio convencional os valores médios obtidos para profundidades citadas foram de 2,2640, 3,5380, 2,5200, 2,0440, 1,8960 MPa. Estes resultados

estão acima do limite de 1,7 MPa obtido como valor critico para a produtividade de grãos de feijão e valor de 1,9 MPa para soja (LIMA et al., (2010).

A maior RMSP para a semeadura direta é verificado na camada entre 0,1 a 0,2m, e de acordo com experimento de Silva et al. 2009 relata que a camada de maior RPMS em semeadura direta, foram próximo a 0,15 m em áreas de cultivo do feijão. Para o sistema plantio convencional a camada com maior RMSP corresponde a camada de 0,1 a 0,2m, enquanto Silva et al. 2009 relata que no sistema convencional, a rmps

foram observada inicialmente próximo a 0,25 m.

No sistema semeadura direta, conforme apresentado na Tabela 3, a maior resistência do solo foi observada na camada de 0,1 a 0,2 m, enquanto a menor resistência foi obtida na camada de 0,3 a 0,4 m. Já no plantio convencional a maior resistência do solo foi observada na camada de 0,1 a 0,2 m e as demais camadas não diferiram entre si.

O resultados deste trabalho mostram que a resistência mecânica do solo à penetração obtida na camada de 0,1 a 0,2 m, no sistema plantio direto, foi mais elevada, em relação às demais

camadas do perfil do solo, corroborando com os resultados DE MARIA et al., (1999) que verificaram maior resistência do solo no plantio direto para a mesma camada do solo e o mesmo foi observado para o plantio convencional para a camada 0,1 a 0,2 m. Por outro lado, os valores encontrados neste trabalho encontram-se maiores do que os obtidos por Carvalho et al. (2006) relatam que valores de RMPS variando entre 1,3 e 2,9 MPa não restringiram a produtividade de grãos da cultura do feijão em um Latossolo.

TABELA 3. Resistência mecânica do solo a penetração em MPa, na profundidade de 0,5m para os sistema de manejo plantio direto e convencional.

Profundidade m	Plantio direto	Plantio Convencional
	Média da resistência do solo em (MPa)	
0,0 – 0,1	3,0440 B	2,2640 B
0,1 – 0,2	4,0160 A	3,5380 A
0,2 – 0,3	2,4340 BC	2,5200 B
0,3 – 0,4	1,7200 CD	2,0440 B
0,4 – 0,5	1,6480 D	1,8960 B

CV = 37,67%

Médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5%

Já para os sistemas de plantio direto e convencional, nas camadas

estratificadas do solo, não houve diferenças significativas para a resistência à penetração Figura 3.

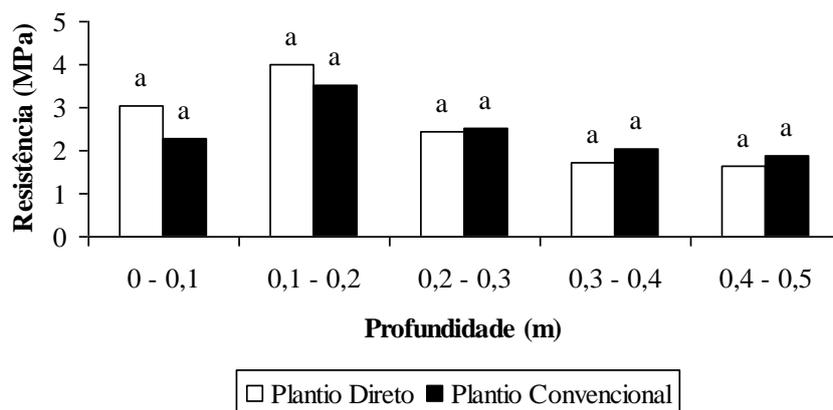


Figura 3. Resistência mecânica do solo (MPa) nas profundidades (0,0 a 0,1; 0,1 a 0,2; 0,2 a 0,3; 0,3 a 0,4; 0,4 a 0,5), nos sistemas plantio direto e convencional.

A produtividade do feijoeiro não diferiu entre os tratamentos, a qual foi de 3.212 kg ha⁻¹ para a semeadura direta, e de 3.391 kg ha⁻¹ para o sistema convencional.

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram diferença significativa para a resistência mecânica

à penetração entre as camadas avaliadas e entre os sistemas de cultivo. O mesmo foi verificado para a densidade do solo na camada de 0 a 0,2 m entre os sistemas de plantios e no plantio convencional. As áreas com feijão irrigado apresentaram valores de resistência à penetração acima de 2,0 MPa, na profundidade de 0 – 0,3 m.

REFERÊNCIAS

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo – protótipos e testes. *Ciência Rural*, 36: 1931 – 1935, 2006.

LIMA, C. L.R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S. Produtividade de culturas e resistência à penetração de Argissolo Vermelho sob diferentes manejos. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 45: 89 – 98, 2010.

TAYLOR, H. M., ROBERTSON, G. M., PARQUER, J. J. Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. *Soil Science*, New York, 102: 18 – 22, 1966.

CUNHA, J. P. A. R.; VIEIRA, L. B.; MAGALHÃES, A. C. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. *Engenharia na agricultura*, Viçosa – MG, v.10, n. 1-4, 2002.

GENRO JÚNIOR, S. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Variabilidade

temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa – MG, v. 28, n.3, p. 477 – 484, 2004.

COSTA, F. S. et al. Propriedades físicas de um latossolo Bruno afetados pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27: 527 – 535, 2003.

RALISCH, R. et al. Resistência a penetração de um Latossolo-Vermelho-Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.12, n.4, p. 381-384, 2008.

SILVA, V. R. da. et al., Resistência mecânica do solo à penetração pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. *Revista Ciência Rural*, v.30, n.5, 2000.

DE MARIA, I. C. et al., Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Viçosa – MG, v.23, 703-709, 1999.

CARVALHO, W. A.; ESPÍNDOLA, C. R.; PACCOLA, A. A. Levantamento de solo da fazenda Lageado estação experimental Presidente Médici. Botucatu: UNESP, 2009. 95 p. Legenda complementar atualizada (no prelo).

SEQUINATTO, L. et al. Sistemas de preparo do solo, resistência mecânica à penetração, disponibilidade hídrica e rendimento do feijoeiro. In: XIV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 2002, Cuiabá – MT. OS (Des) caminhos do uso da água na agricultura, 2002. P 74-74.

ROQUE, C. G. et al. Comparação de dois penetrômetros na avaliação da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho sob diferentes usos. *Revista Acta Scientiarum: Agronomy*, Maringá, v.25, n.1, p 53-57, 2003.

SEQUINATTO et al., (2002), onde observaram menores valores de densidade do solo na camada de 0 a 0,1m, com valores de $1,52 \text{ Mg m}^{-3}$ quando se preparou o solo em relação a semeadura direta com $1,72 \text{ Mg m}^{-3}$ na cultura do feijoeiro. No entanto, os valores de densidade permaneceram abaixo de $1,74 \text{ Mg m}^{-3}$.